

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ НА ПРИМЕРЕ РЕШЕНИЯ НА БАЗЕ СЕРВЕРОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Аннотация

В докладе рассматривается исследование энергопотребления серверных компонентов и основные тезисы по оптимизации энергопотребления серверного оборудования. Также приводится определение экономического эффекта использования мероприятий по энергосбережению на примере типовых высокопроизводительных серверов и специализированного АПК.

Энергосбережение — это приемы и методы эффективного и разумного использования топливно-энергетических ресурсов. Высокопроизводительное серверное оборудование потребляет значительное количество электроэнергии, причем зачастую практически не используются мероприятия по энергосбережению. Это приводит не только к необоснованно высоким затратам на электроэнергию, а также к высоким затратам на системы электроснабжения и кондиционирования. Снижение энергопотребления серверного оборудования в рамках создания региональной облачной платформы позволит улучшить упомянутые выше показатели. Уменьшение количества потребляемой электроэнергии будет достигнуто с использованием технологии Intel Node Manager [1], применением аппаратного обеспечения с оптимальным энергопотреблением и специализированного ПО адаптивного управления электропитанием в зависимости от реальной нагрузки.

Ключевые слова: энергосбережение, Intel Node Manager, IPMI.

Abstract

The report discusses the study of energy consumption of server components and the main theses on the optimization of energy consumption of server equipment. It also provides a definition of the economic effect of using energy saving measures on the example of typical high-performance servers and specialized hardware and software complex.

Energy saving — is techniques and methods of efficient and reasonable use of fuel and energy resources. High-performance server equipment consumes a significant amount of electricity, and often almost no energy saving measures is used. This leads not only to unreasonably high energy costs, but also to high costs for power supply and air conditioning systems. Reducing the power consumption of server equipment as part of the creation of a regional cloud platform will improve the above indicators. Reducing the amount of electricity consumed will be achieved through the introduction of Intel Node Manager technology [1], the applying of hardware with optimal power consumption and the development of software for adaptive power management depending on the actual load.

Key words: power saving, Intel Node Manager, IPMI.

Определение энергопотребления компонентов серверов

В этом разделе производится определение потребления энергии компонентами современного универсального двухпроцессорного сервера на базе

процессоров Intel Xeon Gold 6152 v5 с целью выявления основных потребителей энергии для последующей оптимизации их энергопотребления.

В таблице 1 приведено измеренное и паспортное потребление электроэнергии ряда компонентов сервера. При расчетах, если для компонента нет измеренного значения энергопотребления, берется заявленное в спецификации. Потребление компонентов, не указанных в данной таблице, рассчитывается как разность между фактическим потреблением сервера и суммой потребления компонентов, измеренной с помощью IPMI-интерфейса (IPMI (от англ. Intelligent Platform Management Interface) – интеллектуальный интерфейс управления платформой, предназначенный для автономного мониторинга и управления функциями, встроенными непосредственно в аппаратное и микропрограммное обеспечения серверных платформ) [2]. Если для компонента отсутствует измеренное значение, то использовано значение из столбца с параметрами из документации производителя данного компонента и/или аналогичного.

Таблица 1

Заявленное и фактическое потребление компонентов типового сервера

Компонент	Модель	Потребление, Вт		
		Максимальное паспортное	Измеренное с помощью BMC*	Паспортное для расчетов
CPU	Xeon Gold 6152 x2	280	280	
RAM	Samsung DDR4 2666 Registered ECC DIMM 32Gb x8	46	31	
HDD	st1000nm0045 x2	12,60		12,6
SSD	MZ7LM1T9HMJP-00005	8		8
Fan	02311SHX 8038+ x4	400		18,35
Chipset	Intel C622	17		17
PCIe Card-NIC	Intel 82599	25		25
RAID Card	SR430C-M 1G	12		12
Остальные компоненты				97,95
Фактическое потребление сервера		501,90		

* BMC (от англ. Baseboard Management Controller) — контроллер, реализующий логику работы IPMI, работающий под управлением специализированной ОС. BMC содержит интегрированное видеоядро, взаимодействует с компонентами системной платы сервера через различные интерфейсы и обеспечивает необходимый функционал в соответствии со стандартом IPMI.

На рисунке 1 представлена диаграмма потребления компонентов сервера.

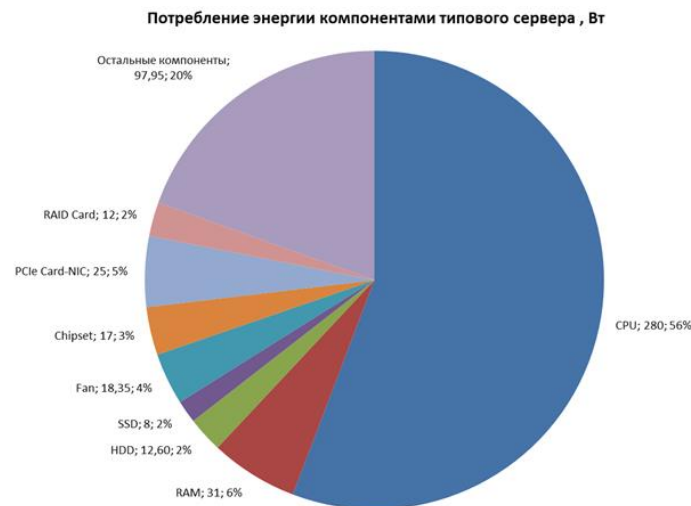


Рис. 1. Потребление энергии компонентами типового сервера

На основании данных таблицы и диаграммы можно сделать вывод, что почти 2/3 поступающей энергии потребляют CPU, RAM и вентиляторы. Именно оптимизация энергопотребления этих компонент даст быстрый и наибольший эффект в части энергосбережения.

Определение зависимости производительности процессора от установленного лимита энергопотребления на примере типового сервера

Для типового сервера была определена зависимость производительности процессора от лимита энергопотребления с помощью утилиты linpack [3]. Данная зависимость представлена в виде зависимости GFlops процессора на 1Вт потребляемой энергии от лимита, устанавливаемого средствами Intel Node Manager. Данная технология позволяет гибко управлять энергопотреблением как отдельных компонентов, таких как CPU и RAM, так и всей платформы в целом посредством IPMI-интерфейса. График полученной зависимости приведен на рисунке 2.

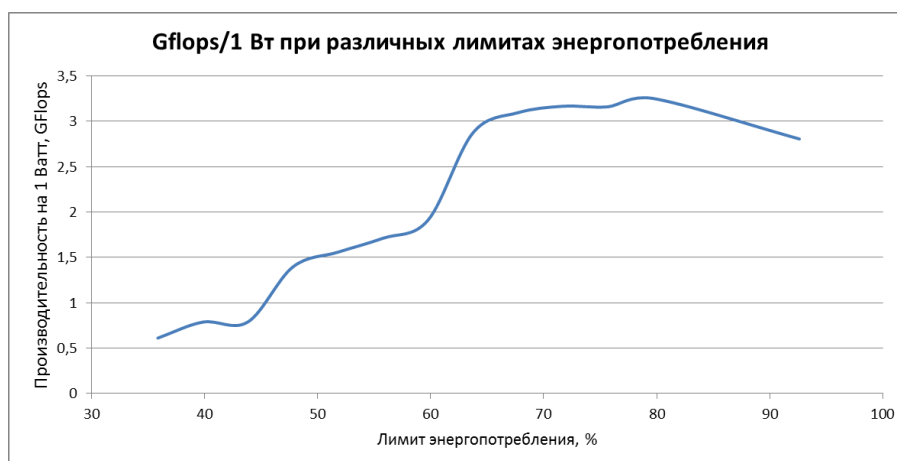


Рис. 2. Зависимость производительности от мощности при различных лимитах энергопотребления на типовом сервере

На основании полученной зависимости в результате проведенных экспериментов видно, что установка допустимого лимита энергопотребления в

интервале от 65 % до 80 % дает наиболее оптимальное соотношение производительности и потребляемой энергии.

Также на рисунке 3 представлена зависимость потребляемой мощности серверной фермы от пиковой производительности.

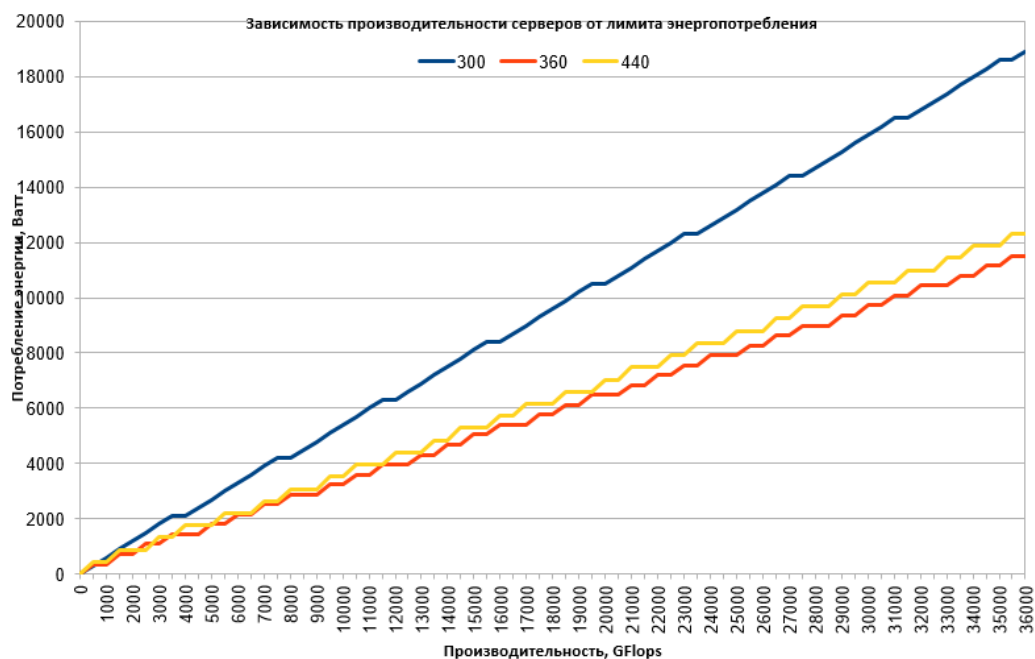


Рис. 3. Зависимость производительности от мощности для ряда лимитов энергопотребления на типовых серверах

Из данного графика следует, что наиболее оптимальной энергопотребление достигается при использовании серверов с установленным лимитом в 360 Вт (порядка 75 %). И при последующем росте количества серверов (повышение суммарной производительности фермы) эта разница увеличивается.

Определение экономического эффекта при использовании мероприятий по энергосбережению

После определения потребления компонентов сервера и определения зависимости производительности CPU от лимита энергопотребления был произведен расчет экономического эффекта для построения облачной платформы виртуальных машин на базе следующих типов серверов:

- классический сервер (на примере DEPO 3400Z2) на базе процессоров предыдущих поколений (Intel Xeon v3/v4);
- современный универсальный двухпроцессорный сервер (на примере Huawei FusionServer 2288H V5);
- специализированный АПК виртуальной облачной платформы (АйТиКВАР OCLLOUD).

Для определения экономического эффекта был произведён расчет энергопотребления серверов в различных режимах работы. В таблице 2 приведено значение энергопотребления данных серверов для различных режимов работы. В таблице 3 приведены значения в перерасчете на одно процессорное ядро.

Таблица 2

Энергопотребление серверов				
Потребление энергии, Вт/ч				
Сервер	Max	Min	50 %	Выкл.
Современный универсальный двухпроцессорный сервер	502	250	250	48
Классический сервер	332	120	190	30
Специализированный АПК	465	200	240	44

Таблица 3

Энергопотребление серверов в перерасчете на одно ядро				
Потребление энергии на одно ядро, Вт/ч				
Сервер	Max	Min	60 %	Выкл.
Современный универсальный сервер	11,41	5,68	6,82	1,1
Классический сервер	16,6	6	9,5	1,5
Специализированный АПК	10,57	4,55	5,28	1

Ниже представлены следующие условия расчетов энергопотребления.

Количество современных универсальных серверов и Специализированных АПК в зависимости от количества пользователей принимая, что на одно процессорное ядро приходится примерно 7,5 активных пользователей:

- 2000 пользователей – 6 серверов;
- 10000 пользователей – 28 серверов.

Количество классических серверов в зависимости от количества пользователей принимая, что одно на одно процессорное ядро приходится примерно 7,5 активных пользователей:

- 2000 пользователей – 14 серверов;
- 10000 пользователей – 62 сервера.

Потребление серверов в различных режимах без использования мероприятий по энергосбережению:

- потребление в рабочее время равно максимальному;
- потребление в нерабочее время равно 50 % от максимального;
- потребление в выходные дни равно минимальному;
- все сервера активны 24/7.

Потребление энергии специализированными АПК в различных режимах с использованием мероприятий по энергосбережению:

- потребление в первые 2 часа рабочего времени равно максимальному;
- потребление в оставшиеся часы рабочего времени лимитировано величиной, меньшей максимального на 150 Вт;
- использование интеллектуальных распределителей питания позволит полностью обесточить неиспользуемые сервера, т.е. они не будут потреблять энергию в выключенном состоянии.
- потребление в нерабочее время равно 50 % от максимального;

- половина серверов находится в выключенном состоянии в нерабочее время;
- потребление в выходные дни равно минимальному;
- в выходные активны только 2 сервера.

Стоимость затраченной электроэнергии определяется по тарифному плану с характеристиками, приведенными в таблице 4.

Таблица 4

Тариф на энергоснабжение с дневными и ночными зонами	
Зона	Стоимость, руб./кВт/ч
Дневная (7:00-23:00)	6,88
Ночная (23:00-7:00)	4,32

В таблице 5 приведены результаты расчета потребления электрической энергии за год для решений на базе 3 типов серверов с учетом всех ранее приведенных условий, также принимая во внимание, что в 2018 году 247 рабочих и 118 выходных дней.

Таблица 5

Расчет энергопотребления решений за год				
Энергопотребление за год, кВт/ч				
Режим работы	Специализированный АПК (28 шт.)		Современный универсальный сервер (28 шт.)	Классический сервер (62 шт.)
	С мероприятиями по энергосбережению	Без мероприятий по энергосбережению	Без мероприятий по энергосбережению	Без мероприятий по энергосбережению
Рабочие часы	23860,20	32159,40	34718,32	50842,48
Нерабочие часы	11255,79	19364,80	24206,00	25727,52
Выходные	1132,80	15859,20	19824,00	21070,08
Итого	36248,79	67383,40	78748,32	97640,08
Стоимость, руб.	166247,28	331622,32	390961,44	475482,26

В таблице 6 приведен сравнительный расчет затрат на электроэнергию и оборудование для ее подачи и распределения при использовании решений на базе различных серверов с предполагаемым пятилетним сроком активной работы оборудования.

Выводы. На основании данных расчетов можно сделать вывод, что использование специализированного АПК вкупе с мероприятиями по энергосбережению позволит в 2,4 раза или на 2,180 млн. руб. снизить затраты на электроэнергию и сопутствующую инженерную инфраструктуру по сравнению с решением на базе современных универсальных серверов (на базе процессоров Intel Xeon v5). Если данный АПК сравнивать с решением на базе классических универсальных серверов на базе процессоров Intel Xeon предыдущих поколений

(v3/v4), то его использование позволит снизить затраты в 3,1 раза или на 3,393 млн. руб. В обоих случаях предполагаемый активный период работы оборудования составляет не менее 5 лет.

Таблица 6

Сравнительный анализ решений с учетом сопутствующих затрат

Режим работы	Относительные затраты			
	Специализированный АПК (28 шт.)		Современный универсальный сервер (28 шт.)	Классический сервер (62 шт.)
	С мероприятиям и по энергосбережению	Без мероприятий по энергосбережению	Без мероприятий по энергосбережению	Без мероприятий по энергосбережению
Пиковое энергопотребление/разница, кВт.	13,5		14,0(+0,5)	20,6 (+7,1)
Разница единовременных затрат на инженерную инфраструктуру (стойка, ИБП, системы охлаждения), тыс. руб.	0		+20	+ 420
Разница ежегодных затрат на инженерную инфраструктуру [4] (ИБП, системы охлаждения), тыс. руб.	0	+153	+207	+285
Разница ежегодных затрат на электроэнергию, тыс. руб.	0	+165	+224	+309
Разница за 5 лет, тыс. руб.	0	+1590	+ 2 180	+3 393
Разница за 5 лет, %	0	+100	+236	+312

Список использованных источников

1. Intel Node Manager [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.intel.com/content/www/us/en/power-management/intelligent-power-node-manager-3-0-specification.html> – свободный. – Англ.
2. Компьютерный блок питания [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Компьютерный_блок_питания – свободный. – Рус.
3. Intel LINPACK Benchmark [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://software.intel.com/en-us/articles/intel-linpack-benchmark-download-license-agreement> – свободный. – Англ.

4. Оптимизация ЦОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://http://player.myshared.ru/6/717603/> – свободный. – Рус.

УДК 669-042

К. Р. Перетыкина, В. В. Лавров, И. А. Гурин, Н. А. Спирин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА «ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ДОМЕННОГО ЦЕХА»

Аннотация

Рассмотрены основные предпосылки, принципы перехода от использования локальных систем к веб-приложениям на предприятиях на примере разработки программного обеспечения «Технический отчет доменного цеха» для металлургического предприятия. Программное обеспечение предназначено для формирования сведений о работе доменных печей и в целом всего цеха за календарный месяц или за период с начала года до указанного месяца. Оно представляет собой веб-приложение и реализовано на базе фреймворка ASP.NET MVC. При переходе к веб-технологии выполнена разработка веб-интерфейсов, программирование клиентской и серверной частей приложения, осуществлено подключение к базе данных с возможностями просмотра и редактирования данных. Представлена архитектура новой системы, описаны основные функциональные возможности.

Ключевые слова: разработка, доменный цех, web-приложение, передельный чугун, ASP.NET MVC, технический отчет, база данных.

Abstract

The main prerequisites, principles of the transition from the use of local systems to web applications in enterprises are considered using the example of developing the software “Technical Report of the Domain Workshop” for a metallurgical enterprise. The software is designed to generate information about the operation of blast furnaces and the whole workshop in general for a calendar month or for the period from the beginning of the year to the specified month. It is a web application and is implemented on the basis of the ASP.NET MVC framework. During the transition to the web technology, web interfaces were developed, the client and server parts of the application were programmed, and a database was connected with data viewing and editing capabilities. The architecture of the new system is presented, the main functionality is described.

Key words: development, database, blast furnace shop, web application, pig iron, C#, ASP.NET MVC, technical report.

Введение. Приложение, на базе которого строится web-приложение, предназначено для формирования технического отчета о работе доменного цеха за определенный период. В ходе разработки программного обеспечения АРМа были спроектированы и реализованы серверная часть системы и приложение. Приложение позволяет технологу доменного цеха с помощью пользовательских форм сопровождать базу данных отчетных показателей работы доменного цеха и формировать технический отчет за определенный месяц и выводить его на экран в виде Microsoft Word и Microsoft Excel. Данное приложение используется на предприятии ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» [1-3].